

# 水資源と水質汚濁防止

杉木 昭 典\*

## 1. はじめに

昭和 30 年以來の急速な人口集中、工業開発は、水資源開発の必要性を痛感させた。特に昭和 39 年のオリンピック前の東京は、水資源開発のタイミングのずれと相まって深刻な水不足を生じ、また、昭和 42 年北九州をはじめとして水不足に悩まされ、272 水道事業で断水を余儀なくされ、昔日の水の豊富さを誇りとした面影はなく、地域開発の阻害要因の一つとなる地方さえてくることとなる。日本の降雨量は、全体として年平均 1 800 mm をこえ、ヨーロッパと比較して 2~3 倍も雨に恵まれている。しかし、この雨のうち 20~30% は所によっては梅雨と台風による降雨であって、このことから日本は、ヨーロッパと比較して必ずしも利用しうる水資源は数字どおり恵まれているとはいえないのである。表-1 に、日本の代表的地区における降雨分布を示す。

表-1 降水量と降水の原因別百分率<sup>1)</sup> (%)

地名	年間総降水量 (mm)	台風	梅雨	雷雨	雪	その他
鹿児島	3 430	25	26	4	0	46
福岡	1 820	24	14	2	2	57
岡山	1 292	17	14	6	1	62
東京	1 784	18	19	8	3	53
新潟	1 596	7	11	10	14	57
仙台	1 355	32	11	1	5	51
旭川	984	6	1	11	48	33

日本における水田面積は、梅雨の降水量にみあうといわれているが、台風の降雨はほとんどが利用されずに海に流出してしまうといえよう。それは、水需要の逼迫している地方においてさえ水利用率が 10% を大きくこえないことから了解されるであろう。特に戦後、人口、産業の集中、工業開発は水質汚濁による水利用上の障害を起こすことになり、厚生省の調べによっても、日本全国の水道で昭和 39 年 4 月から昭和 42 年 12 月の間に 367 件以上、水質汚濁により何らかの水質障害を起こすに至っている<sup>2)</sup>。良質の水が簡単に得られるときは、排水の水質にまで配慮する必要はなかったが、水を何回も使用することとなると、従来のような無関心ではすまされない。

\* 正会員 工博 東京大学教授 工学部都市工学科

すでに、アメリカやヨーロッパの諸国では、河川水を何回も都市用水として使うのが普通であって、アメリカのある河川では、水が海に出るまで十数回も利用されているのである。このため、これらの諸国では水質保全のための水制度を確立し、かつ水利用度の向上、いかにいえば、廃水量の増加に伴って、その制度の強化が図られている<sup>3)4)</sup>。一般的にいえば、ヨーロッパ諸国では水を浄化するほうにくふうがみられ、一方アメリカは廃水処理にくふうがみられている。

しかし、いずれの国においても、一方のみでは激化する水質汚濁を制御できず、将来をみこして広汎な研究が行なわれている。日本では、農業用水の場合を除いて水の反復利用は行なわれていなかったの、その意味では、日本の深刻さは諸外国に比して必ずしも厳しいとはいえない。しかし、われわれが当面する問題は、今後激増する水需要、さらに畜産汚水、新規工業による新しい汚濁負荷を考えれば、必ずしも樂觀を許さないものである。

## 2. 水需要の動向とその対策

水需要を大きく分けて、農業用水、工業用水、都市用水とするのが普通である。農業用水の水量の変化はさほど大きくはないが、高橋 裕博士がまとめた都市用水と工業用水の需要の増加の模様を示すと 図-1 のようである<sup>5)</sup>。工業用水は最近 10 年間に約 4 倍にふえ、都市用水は最近 15 年間に約 3 倍に増加している。水需要の想

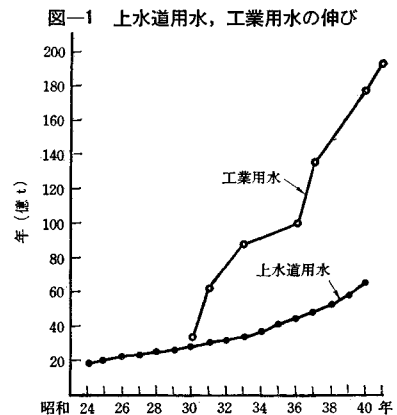
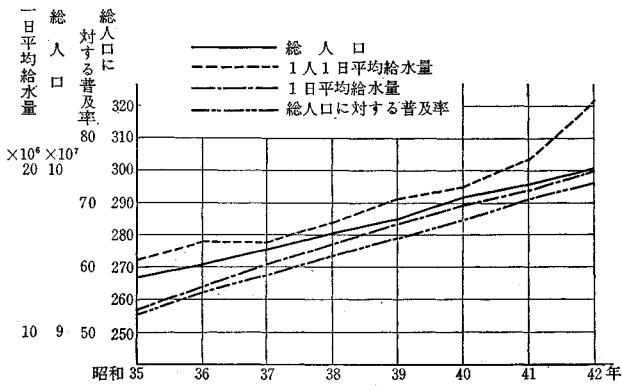


図-2 上水道の年次経過



定には、1人あたりの使用量の増加、あるいは業種ごとの原単位の変化など、ミクロな見方と、地域・国全体として需要の変化を想定する方法とがある。ここで、水需要の動向について述べてみよう。

(1) 都市用水<sup>7)</sup>

最新の水道統計によると、全国の水道が昭和42年度中に給水した総量は83.3億tで、そのうち用水供給を除外すると79.3億tとなっている。昭和35年以降の上水道における給水量の推移を図示すると図-2のようである。給水人口は、ここ約3%ずつ増加してきており、昭和42年度末では約75%とイギリス96%、アメリカ80%と、先進諸国に近くなっている。水道普及率とともに、1人1日あたりの水使用量も漸増し、年々

2%程度ずつ増加している。家庭用水について各使用水量別に調査した結果を示すと、表-2のようである。名古屋の例<sup>8)</sup>をみれば、冷房・洗車を除けば、年平均1人1日あたり約200l、夏季においても約300lとみることができる。大阪周辺団地の調査<sup>9)</sup>は、使用割合だけしかわからないところもあるが、比較的高所得住宅の桂木団地と低所得者用、共同風呂である住宅においても、水利用のパターンは大きくは変わらないことがうかがえ、他の調査から、おおよそ生活用水は年平均1人1日あたり200lとして大きな間違いはないであろう。しかし、日本における所得水準の上昇、都市化の進行に伴って、水の使用量は次第に増加して

ゆくものと考えられる。いま、諸外国の平均給水量<sup>10)</sup>を示すと表-3に示すごとくなる。一般的に、大都市は都市活動が活発で、かつ文化水準も高く使用水量が多く、アメリカはヨーロッパにくらべて多いことがわかる。上水道の将来の需要は、計画数値の取り方によって多少の変動はまぬかれがたいが、建設省が昭和43年9月発表した広域利水計画の中間報告によれば、DID人口1万以上の511都市において平均1日300l/人、その他を280l/人として、1日平均給水量は昭和60年において5423.3万m<sup>3</sup>に達するものと考えられている<sup>11)</sup>。昭和42年度の平均1日給水量は、約2000万m<sup>3</sup>であったから、約2.7倍となる。増大する上水需給に対応するため、厚生省では、原水確保につとめるのはもちろんであるが、激化する水質汚濁に対応するため広域水道などの施策をすすめることとなった。昭和41年8月、公害審議会水道部会は、水道の広域化と水道の経営、特に経営方式に関する答申<sup>12)</sup>を行ない、上述の大都市の水需要の増大、水源水質の汚濁のほか、水道の建設費の増大、小規模水道の濫立にともなう水質管理の不適切などから、行政区をはなれた広域化政策をとるべきことを勧告している。広域水道の例はすでに都道府県水道として実績があるが、さら

表-2 家庭用水使用内訳

区分	名古屋市		大阪周辺団地			
	年平均	夏季	使用項目	桂木* (m <sup>3</sup> )	八田荘* (m <sup>3</sup> )	桂木** (l/人/日)
飲料	2	2	台	21.5 (8.9)	61.7 (8.6)	11.8
炊事	6	6	所	13.0 (5.4)	38.9 (5.4)	12.8
調理	6	6	所	32.8 (13.5)	97.4 (13.5)	18.0
食器洗浄	14	14	風呂	58.6 (24.2)	50.0 (6.9)	155.9
洗顔	4	4	洗濯	43.0 (17.8)	271.0 (37.6)	61.8***
風呂	55	110	手洗	11.1 (4.6)	33.6 (4.7)	6.1
洗濯	60	90	便	27.8 (11.5)	79.1 (10.9)	16
掃除	8	8	所	19.8 (8.2)	52.5 (7.2)	3
厨芥処理	6	6	掃除	13.2 (5.5)	34.6 (4.8)	25.4
水洗便所	25	25	洗車	1.1 (0.4)	3.1 (0.4)	180
手洗	5	5	合計	241.9 (100)	721.9 (100)	
自動車洗浄	85	85				
冷房	143	572				
雑用	12	12				
計	431	945				

注 \* アンケート調査をもとにした。  
 \*\* 10家庭の実測。  
 \*\*\* 風呂用水を一部使用、( )内は百分率。

表-3 世界主要都市の1人1日平均給水量

(単位: l)			
都市名	1人1日平均給水量	都市名	1人1日平均給水量
シカゴ	817 (65)	チューリッヒ	381 (64)
ロスアンゼルス	668 (64)	北九州	365 (66)
フィラデルフィア	608 (62)	名古屋	362 (66)
ジュネーブ	590 (63)	神戸	361 (66)
ニューヨーク	581 (62)	パリ	飲料340 (64) 雑用180 (64)
大阪	549 (66)	京都	330 (66)
サンフランシスコ	530 (62)	グラスゴー	303 (64)
シアトル	450 (64)	ロンドン	266 (65)
ストックホルム	415 (64)	コペンハーゲン	250 (64)
東京	408 (66)	ハンブルグ	190 (63)
ベルン	403 (64)		
横浜	388 (66)		
広島	382 (66)		

注: ① 資料は厚生省環境衛生局水道課による。  
 ② ( )内は数字は調査年度(西暦)を示す。

に東海道ベルト地帯において強力に推進すべき時期にきているといえよう。広域水道が受持つ事業の範囲は、規模の利益が享受しうる原水の相互運用、浄水場の一体的管理、送水管の効率の敷設、配水管の配置のほか、必要に応じて末端給水までについて実施するのが望ましいとされている。昭和 42 年度において、厚生省は、東京三多摩、愛知西三河等 4 ヲ所に補助金を交付し、この方向への促進をはかることとなっている。

## (2) 工業用水<sup>13)</sup>

昭和 42 年における工業用水量は、約 5 800 万 m<sup>3</sup>/日となつて昭和 33 年に比して 2.5 倍となっている。その業種別使用量を示すと表-4 のようである。この表から用水型といわれる、鉄鋼、化学、紙パルプの三業種が使

表-4 工業用水(淡水)の業種別使用量

(単位:千 m<sup>3</sup>/日)

年	業種	鉄	鋼	化学	紙パルプ	食料品	その他	計
33		2 071 (8.9)	6 727 (29.0)	6 216 (26.7)	2 535 (10.9)	5 693 (24.5)	23 243 (100)	
	37	4 313 (12.0)	10 317 (28.7)	9 747 (27.1)	2 535 (7.1)	9 020 (25.1)	35 931 (100)	
		9 305 (16.1)	20 069 (34.8)	11 739 (20.3)	3 956 (6.9)	12 629 (21.9)	57 678 (100)	

注:① 通産省工業統計表(用地用水編)による。

② ( )内は百分率。

表-5 製品 1 トンあたり使用水量

業種名	製品名	工業用水原単位(製品 t あたり m <sup>3</sup> )	
		新水	回収水
紙パルプ	溶解サルファイトパルプ	570	0
	製紙サルファイトパルプ	438	11.6
	溶解クラフトパルプ	451	0
	クラフト紙	157.8	4.2
	白板紙	311	6
石油化学	エチレン	70	630
	スチレン	80	720
化学繊維	アセテート	710	1 110
	ビニロン	445	145
合成樹脂	ナイロン	430	80
	塩化ビニル(アセチレン法)	40	160
	(その他モノマー)	100	400
鉄鋼	(ポリマー)	20	100
	熱延鋼板	7	63
	冷間鋼板	10	20

注:通商産業省企業局工業用水課資料による。

表-6 昭和 60 年における用水需要量

区分	食料品	繊維	紙パルプ	化学 A	化学 B	石油炭 A	石油炭 B	窯業土石	鉄鋼 A	鉄鋼 B	その他	計
出荷額	150 830	60 430	27 380	17 325	137 655	20 460	15 270	30 490	24 640	62 360	753 160	1 300 000
用水(昭和 38 年)	126	188	879	150	387	40	124	191	70	104	37	147
原単位(昭和 60 年)	79	107	685	150	246	48	48	136	70	67	19	77
用水需要量	11 933	6 471	18 720	2 599	33 909	818	738	4 147	1 725	4 171	14 548	99 711

注:単位は下記の通り。

出荷額; 億円  
 用水原単位; m<sup>3</sup>/日/億円  
 用水需要量; 千 m<sup>3</sup>/日

用する率が高く、昭和 42 年には、全体の 71% を占めている。参考のため、製品一単位製造に必要な水量を示すと表-5 のようである。用途別では、冷却用水が最も多く、温調用水を加えると、全体の 60% を占め、次いで、製品処理用水、洗浄水が 30% で、原料用水、ボイラー用水の占める割合はきわめて小さい。

工業用水の原単位は、各地域・業種によって大きく異なる。綾ら<sup>22)</sup>が調べた工業用水原単位のうち、化学工業について示すと図-3,4 に示すようである。原単位でみると、用水量は 10<sup>3</sup> オーダーで変化している。また、水需給が割合厳しい、関東内陸、関東臨海、近畿内陸、近畿臨海、および北九州では、用水原単位が割合低く、北海道、北東北、南東北、北陸、山陰、四国、南九州は比較的高い。関東臨海の原単位は、南九州の 1/7 となっていることからわかる。水利用の合理化は継続的に行な

図-3 使用水量と出荷額の関係(化学工業)

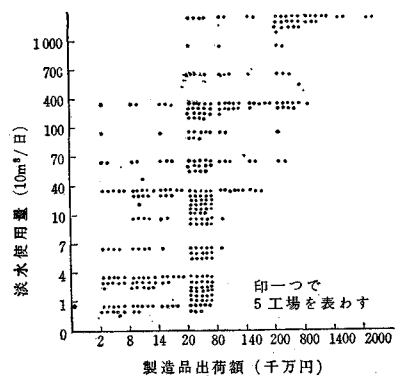
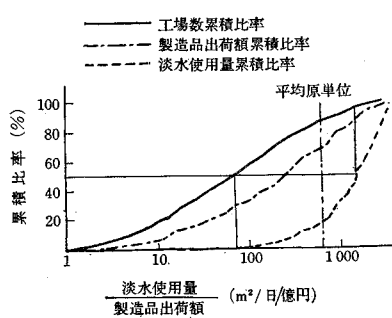


図-4 化学工業の累積比率曲線



われ、たとえば回収水（再利用）の全工業用水に占める割合が、昭和 37 年約 20%，39 年 32%，42 年 42%と漸次増加し、昭和 50 年には 50%と推定され、原単位でも昭和 40 年 124 m<sup>3</sup>/日/億円（淡水補給量/工業出荷額）が、昭和 50 年には 100 m<sup>3</sup>/日/億円、昭和 60 年には約 90 m<sup>3</sup>/億円に低下するものと期待されている。昭和 50 年および 60 年における工業出荷額は、通産省の推定によればそれぞれ 80 兆円、160 兆円となり、昭和 40 年時の 2.71 倍、5.42 倍となることが期待されている。建設省で、いくつかの仮定を設けて昭和 60 年における工業用水の需要量の想定を行なった。その結果を表-6 に示す。建設省の推計によれば工業用水は、昭和 60 年において毎日約 1 億 m<sup>3</sup>、通産省の推計によれば昭和 50 年に 8000 万 m<sup>3</sup>、昭和 60 年に 1 億 4000 万 m<sup>3</sup>が必要とされる。

### (3) 農業用水

激化する農業の将来水需要を想定するのは難しい。少なくとも、現状もしくは 20% 程度の増加がみられるとみてよいだろう。

建設省が一応次の仮定に基づいて求めた用途別水量を示すと表-7 のようになる<sup>15)</sup>。

① 利水計画の安全度は、おおむね 5~10 年に 1 回節水を行なうものとする。

表-7 地域別用途別水量 (億 m<sup>3</sup>/年・昭和)

区分	水道用水		工業用水		農業用水		合 計			
	39年	60年	39年	60年	39年	60年	39年	60年	新規分	河川依存分
全国	59.9	197.7	117.8	363.9	500	585.9	677.7	1147.7	470.0	379.0
関東	17.3	73.4	22.7	60.2	82.5	112.6	122.5	246.3	123.8	101.9
近畿	13.3	38.2	18.7	52.6	44.5	45.7	76.5	136.4	59.9	47.3

表-8 淡水化（装置・工場）の国内現況

名 称	所在地	設置年月	規模 (m <sup>3</sup> /日)	形 式	用 途
① 専売公社小田原製塩試験所	神奈川県	昭和39年	20	6段フラッシュ	試験装置
② 専売公社防府製塩試験所	山口県	昭和38年 昭和37年	24 55	ガスハイドロート法 6重効用真空	試験装置
③ 東電鶴見火力発電所	神奈川県	昭和42年1月	100	10段フラッシュ	冷却用水
④ 東京工業試験所	東京都	昭和41年10月	2	冷凍法	試験装置
⑤ 徳山ソーダ株式会社	山口県	昭和30年	430	冷凍法	製塩試験装置
⑥ 笹倉機械製作所	大阪府	昭和40年5月	200	12段フラッシュ	試験装置
⑦ 栗田工業株式会社	神奈川県	昭和41年8月 昭和37年	50 20	6段フラッシュ 単段フラッシュ	スケール防止 剤研究
⑧ 日立製作所	茨城県	昭和42年1月	30	2段フラッシュ	試験装置
⑨ 日本化学塩業株式会社	香川県	昭和28年 昭和35年	1000 —	4重効用法 イオン交換膜	製品洗浄用水
⑩ 瀬戸田塩業組合	広島県		400	4日重効用缶	島民補給用 製塩用
⑪ 仁尾塩田株式会社	香川県	昭和32年	150	4重効用法	製塩用
⑫ 三井塩業株式会社	福岡県	昭和30年4月	2500~ 3000	加圧真空併用式	製塩用
⑬ 崎戸製塩株式会社	長崎県	昭和30年5月	2500~ 3000	加圧真空併用式	製塩用 島民給水
⑭ 松島炭鉄池島鋳業所	長崎県	昭和42年3月	2650	8段フラッシュ	島民給水

② 新規需要に対する還元水の反復利用は考慮しない。

③ ダムなどの施設計画にあたっては、洪水調節との調整をはかる。

この表から全国では昭和 39 年の 678 億 t から昭和 60 年には 1148 億 t となり、470 億 t の新規開発が必要となる。

### 3. 水資源開発の方向

特に水需要の逼迫する関東および近畿地区について述べる。

利根川についてみると、現在栗橋における利用率 15%（維持用水を含み 37%）を約 59%（維持用水を含み 74%）に引き上げ、新規に 53.2 億 m<sup>3</sup> を開発することになっている。このため、矢木沢・下久保・草木・ハッ場ダム等の水源手当をすするとともに、利根導水路・群馬用水路の建設、利根河口せき、印旛沼開発をはじめ、霞ヶ浦の利用、さては沼田ダムさえ話題にのぼっている。

昭和 41 年完成した群馬用水は 13.6 m<sup>3</sup>/sec の水によって、田畑りんかん 3900 ha、畑地かんがい 4900 ha、旧田補給 1200 ha に使用される。さらに、利根河口せきによって農業用水の合理化を図ることができ、陸稲から水稲へ、また畑作から水稲へと農業経営の安定化が実現するののも一つの効果である。近畿地方において水資源の中軸となる河川は淀川であり、本川枚方における現在の利用率 12%（維持用水を含めて約 40%）を約 30%（維持用水を含めて約 56%）程度に引き上げ、新規に 24.3 億 t を開発することになっている。このため、高山・青蓮寺ダムなどのほか、琵琶湖開発によって 21.5 億

t の開発が行なわれるが、遅くとも昭和 50 年代のはじめまでに琵琶湖開発は完了していなければならない。今後、関東、近畿、山陽、北九州の 4 地域は、地域内河川の水資源開発をその限度まで開発する必要があり、なお、それでも不足することも考えられている。このため、前述の工業用水の回収率の向上、下水処理水の還元利用、海水の淡水化を積極的にすすめる必要がある。下水処理水は、すでに東京都江東地区、名古屋、大阪、川崎などで実施されており、上水道の洗浄排水も、横浜、川崎、名古屋で供給されているが、水質改善に対する研究が必要とされている。一方、海水淡水化は早くから各国で行なわれてきたが、アメリカで 1952 年以来、塩水局で研究が行なわれている。日本では製塩技術と淡水化技術

表-9 海水淡水化のコスト

(1) 蒸留法, 多段フラッシュ法

容量 (m <sup>3</sup> /日)	コスト (円/m <sup>3</sup> )
1 000	90~160
2 000	85~145
5 000	70~130
10 000	65~110
50 000	50~ 85
100 000	45~ 75

(2) 電解透析法によるコスト

原水塩分濃度 容量	(円)				
	1 000 ppm	2 000 ppm	3 000 ppm	5 000 ppm	10 000 ppm
10	55	75	95	120	170
100	25	40	55	75	110
200	20	30	45	65	100
600	15	20	30	50	85
1 000	15	20	30	45	75
2 000	10	15	25	40	70
10 000	10	15	20	35	60

は表裏一体で、日本専売公社と東京工業試験所で研究が行われている。日本における塩水淡水化装置の設置状況を示すと表-8 のようである。また海水淡水化のコストは表-9 に示す通りである。

現在のところ、装置容量 1 万 m<sup>3</sup>/日の規模でも 1 m<sup>3</sup>あたり 60 円程度のコストがかかる。今後、プロセスの合理化、スケール付着の防止および除去、装置の大規模化、安価なエネルギーの利用、副産物の利用についての研究が必要とされ、原子力エネルギーの利用により 20 円/m<sup>3</sup> 程度が予定されているプラントがアメリカで建設中であるが、エネルギー需要と淡水需要とのバランスなどが考慮されなければならない。海水淡水化の問題は、今後さらにその経済性ととも研究が望まれている。

従来、河口部において塩水と混合して淡水として利用価値のなくなる水もしくは無効放流される水を貯留し低水時の補給をするための湖の建設、また河口にせきを設けて農業用水、都市用水の還元水を利用しようとする計画が検討され、河口湖として、小糸川、曾根河口湖など 9 ヶ所が検討され、河口せきも利根川はじめすでに供用が開始されているところもあるが、前述のように富栄養化、塩水浸入などの問題の解決が必要とされる。

#### 4. 水質汚濁の激化とその制御

##### (1) 水質汚濁の激化

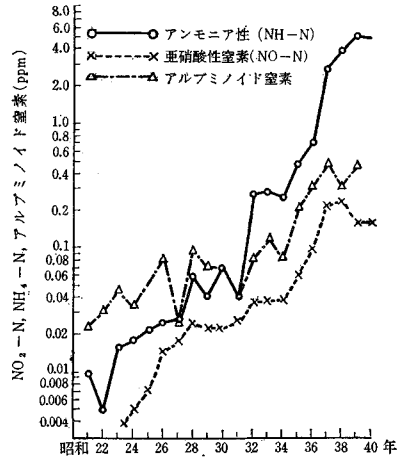
昭和 33 年、水質保全法、工場排水規制法の水質二法が制定され、昭和 43 年末まで一般水域として 30 水域、都市河川として 12 水域、メチル水銀関連水域として、229 水域の水質基準が公布された。しかし、残念ながら都市化と工業化による流入汚濁物質の増加は水質汚濁を

表-10 水質汚濁と浄水薬品費の状況

多摩川(玉川浄水場)

区 分	浄水薬品費 (円/m <sup>3</sup> )	生物化学的 酸素要求量 (BOD) (ppm)	アンモニア 性窒素 (ppm)	フェノール (ppm)	陰イオン活 性 (ABS) (ppm)
昭和 30 年	0.244	2.5	0.04	—	—
31	0.242	1.8	0.04	—	—
32	0.291	2.8	0.27	—	—
33	0.350	3.4	0.28	—	—
34	0.376	2.2	0.26	0.01105	—
35	0.585	2.0	0.47	0.0058	0.15
36	1.388	2.8	0.69	0.0067	0.37
37	4.127	5.0	2.73	0.0171	0.72
38	5.250	4.3	3.94	0.0142	1.00
39	9.000	6.0	5.05	0.0202	1.09
40	5.160	4.8	4.97	—	1.95
41	4.753	5.19	2.89	—	1.23
42	—	7.66	6.372	—	2.258

図-5 多摩川におけるアンモニア-N, 亜硝酸性-N およびアルブミノイド-N の経過年変化

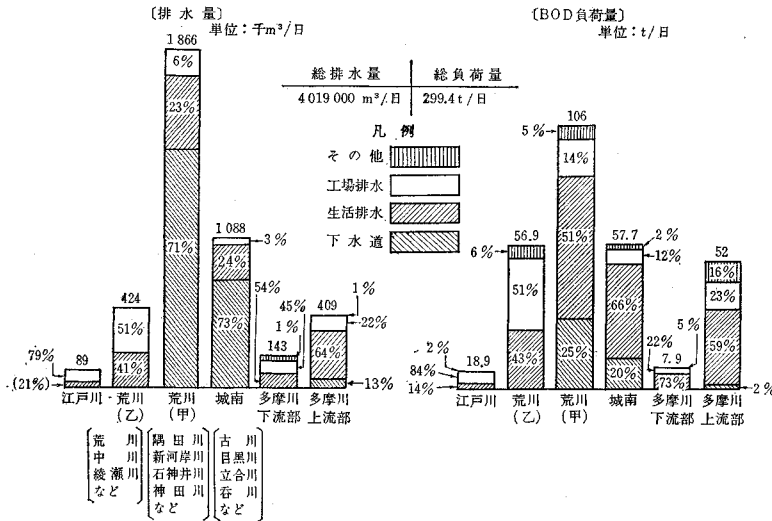


激化させ、規制の効果を薄弱にした。いま、昭和 37 年に水質基準が制定された代表的都市河川、多摩川の状況を示すと表-10、図-5 のようになる。

多摩川の汚濁源は、家庭污水およびし尿消化槽による排水によるものであることが、正月前後の水質からもわかる。小島氏の多摩川の水質の分析によると、濁度と硝酸性窒素は近年わずかしき増加していないが、硬度とアルカリ度は年とともに増加する。最も著しい増加は、分解途中の窒素分・アンモニア性窒素とバクテリアであり、また表-10 に示すように合成洗剤 ABS や BOD も著しく増加している。

アンモニア性窒素の存在は、塩素消毒の効果を低下させるため不連続点まで塩素を注入しなければならない。多摩川の水ではアンモニア性窒素の約 10 倍を注入する必要があるとされている。さらに、多量の塩素を注入すると塩素は水と反応して塩酸を生じ pH が下がるため、中和するため塩素の 1.1 倍の苛性ソーダまたは 1.4 倍のソーダ灰が必要である。また、ABS を泡立ちしない限

図-6 東京都の各水域に排出される排水量と汚濁負荷(BOD)量の推定



度の0.5 ppmに下げるために、3.5 ppmのABSを含む場合には80 ppmの活性炭を入れてABSを吸着して除却する必要がある。

水中のNH<sub>3</sub>-Nの濃度の日中変動は、少なくとも10%程度の変化があると塩素注入量で10 ppm変化させねばならない。したがって、NH<sub>3</sub>の濃度に応じて塩素を注入することはかなり困難な作業であり、また、活性炭処理は非常に苦痛が伴う作業である。さらに汚濁が進むと河床が嫌気性となり、マンガン・鉄が還元されてマンガン・鉄が原水中に溶出してくる。

昭和30年以前の多摩川では、溶存する鉄・マンガンはほとんど検出されなかったが、昭和35~36年頃から次第に増加し、近年では鉄は最高2.1 ppm、平均1.1 ppmとなり、マンガンは最高0.35 ppm、平均0.21 ppmとなっている。マンガンは0.05 ppm以下に抑えないと塩素によって酸化され赤水の原因となるので、特殊処理が必要となるのである。このような汚濁の責はどこに負わせるべきだろうか。昭和60年における工業出荷額は5.4倍と推定され、水処理・製造工程に改善がなければ、汚濁負荷は工業出荷額に比例して増加することとなる。昭和60年における都市用水の内訳をみると、関東地方では工業用水と水道用水量がほぼ同量となり、近畿地方では前者が後者を上回る事となる。琵琶湖地域における筆者らの推定、すなわち、汚濁負荷の過半は工業排水によること、によっても納得できるであろう。参考のため、都内河川の汚濁負荷量を示すと図-6のようである。最近における畜産の増加は、さらに河川の水質に深刻な問題をひきおこした。いま一例として豚1頭あたりの発生汚濁量を示すと表-11のごとくである。さらに、比較のため人の汚濁原単位を示すと表-12のごとくである。

したがって、BODについてみると、豚1頭は人の4~5倍に相当する。前述の琵琶湖流域についてみると、豚・牛による発生汚濁量は優に都市から発生する汚濁負荷に匹敵することが推測でき、畜産汚水の制御は水質汚濁防止上重要な意義をもっている。これら増大する汚濁を有効に制御するために、建設省は強力に下水道の建設を推進している。流域下水道は、規模の利益を享受するため処理場を統合するだけでなく、適切な管理・運営を計るため、2町村以上にわたることが望まれる。その一つとして、昭和40年、寝屋川流域

表-11 飼別豚1頭あたり発生汚濁量

区分	配合飼料	残飯	厨芥
ふん尿排泄量(kg)	5.5	10	8
BOD(g)	165	450	200
固型物(g)	770	1,150	920
全窒素(g)	31.3	25.1	22.7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	45.7	10.5	10.7
P(g)	20.5	4.6	4.7

表-12 人による負荷量

区分	ドイツ(g)	土研(g)
BOD	54	39.5
N	12.8	8~14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.3	
PO <sub>4</sub>		1.5~4
P	2.25	0.5~1.3

下水道が着工された。昭和45年度においては12ヵ所が計画されている。この中には、荒川、多摩川をはじめ、大和川・淀川右岸等、水保全上重要な地点が含まれている。

(2) 水の環境基準について

水利用の立場からすれば、水質はつねに良いことが望ましい。しかし現在の水処理の技術からすれば汚濁を皆無にすることは難しい。したがって、汚濁と水利用との間に合理的な妥協が必要となってきた。昭和42年、公害対策基本法の設定に伴い環境基準が設定されることになった。この法律によれば、人の健康にかかわるものについては、当然であるが産業などのことを考慮せず、健康の維持に必要な環境基準を定めることとなっており、すでに大気の大気汚染物質については閣議決定されて施行されている。

水質保全については、昭和33年の水質二法・水質保全法、工場排水規制法によって経済企画庁は水質基準を

定め、この定められた排出基準に基づいて関係省庁が水質について取締ることとなっている。ただこの水質二法では、流水基準を設定できなかった。そこで政府は公害基本法でいわゆる環境基準を定めることとし、経済企画庁の水質審議会の中に環境基準部会を設け、昭和44年度中に水質についての環境基準を設定すべく作業しているところである。この原稿を書いている段階ではその詳細についてふれるわけにいかないが、少なくともこのような流水基準によって水保全計画の立案が容易になり、水保全行政が一步前進したといえよう。

水の環境基準、いいかえれば流水水質基準は少なくとも水利利用の種類の基礎となることは想像される。各種の利用水質の中で特に人の健康にかかわるものとして水道原水が取り上げられるのは自然であろう。上水道の原水と質を論ずる場合、浄水技術によって異なるものと、そうでないものがある。前者すなわち浄水方法によって原水水質が多少とも変えられるものは、有機性汚染、BOD、

CODまたは細菌数などであり、後者に相当するものとしては、金属イオンなどの溶存イオンなどである。参考のため日本水道協会の定めた原水水質基準を表-13に示す。

ただ、ここで注意しなければならないのは、有効な監視体制の問題である。水銀・カドミウム汚染や最近の木曾川の例などからもわかるように、基準が定められても、そのモニターが完全でない、いつでも不幸な現象が起こる可能性を示している。

農業を主とする汚染の監視のためアメリカは活性炭を用いた分析法(CCE法)を確立し、またイギリスでは自動採水器を河川の主要地点に設置して、いつでも必要とき水質を知ることができるように努力している。食物連鎖など、生態学者と協力して有効な水質監視体制を早急につくるべき時期がすでにきているといえる。

各種水利利用については、紙数の関係で割愛するが、水道水源のある河川では少なくとも金属イオンを処理せずに放流することはもう許されるべきではなく、またその処理について格段の研究が必要となることは銘記しなければならない。

前述のように、将来予測される経済発展、地域開発から生ずる水汚染を防止するために、水保全を考慮した秩序ある地域開発が必要となってくる。筆者らは、荒川中流部をモデルとして将来の経済開発と水保全計画についてケーススタディを行なった<sup>20)</sup>。この結果、現在の技術水準においても十分水質汚濁を予防しうるということがわかったのであるが、ただ問題はこのような水保全計画を確実に実行に移し、水質汚濁防止を完遂する意志が地域社会にあるかということである。このことについて、テムズ河が長い間の水質問題を1951年から技術・政治、そして管理制度すべてを結集して確実に処理施設を増強し、ついに酸素をよみがえらせた例を思い起こすのである。

最近、湖をはじめ多くの河川、海岸において、富栄養化が大きな問題となってきた。富栄養化現象とは、水中に窒素が0.3 mg/l、リン0.01 mg/l以上含み、かつ水の滞留時間1週をこえると生物増殖に適当な環境、温度、日照、その他微量成分になるとプランクトンが異常に増殖し、水浄化など多くの障害を起こすこととなる状態をいう。諏訪湖<sup>21)</sup>、琵琶湖南湖などでは、すでに富栄養化防止に取り組んでおり、また河川の水利用率の向上は平均的に水の滞留時間を延長させ、また栄養塩の流入量も増大することになるので、その制御は上記湖のみに限らないであろう。栄養塩の除去、および高度の水処理を総称して三次処理というが、詳細は別に柏谷衛氏により説明されると思うので、ここでは述べない。

## 5. おわりに

紙数の関係で、筆者に与えられたトピックスを追うだ

表-13 水道用原水水質

項目	第1類 塩素消毒のみで 給水できる原水	第2類 緩速ろ過法に適 する原水	第3類 急速ろ過法に適 する原水
銅	1.0		
銅イオン		△0.05	1.0
鉄	0.3		
第1鉄イオン		1.0	*0.3
マンガン	0.05		
マンガンイオン		0.1	*0.05
亜鉛	1.0	1.0	1.0
鉛	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm
総クロム	0.05 ppm以下	0.05 ppm以下	0.05 ppm以下
砒素	0.05	0.05	0.05
弗素	0.8	0.8	0.8
総硬度	300	300	300
蒸発残留物	500		
溶解性物質		500	500
フェノール類	0.005	0.01	0.005
陰イオン活性剤	0.5	0.5	0.5
水素イオン濃度	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
アルカリ度	{アルカリ度が低いとか侵食性遊離炭酸が多いとコ ンクリート、鉄管などを侵食する。}		
臭気	{異常であってはならない。臭気濃度(TD)5以下 * (異常なものは除去しにくい) } 異常なものは 除去しにくい		
外観	浮遊物を認めては ならない		
色度	5度以下	10度以下	
濁度	2度以下	10度以下	(除去しにくい)
生物	プランクトンは 300面標準単位/ ml以下		

注：① この水質標準に適合しない水を原水としなければならないときは、それぞれの水質に応じて特殊処理を行なわなければならない。この場合は施設の高度化維持管理の複雑化などにより、経済的負担の増大と高度の技術を必要とする。

② \*印は前塩素処理により、若干緩和しうる。

③ △はろ過膜生物を死滅せしめるため。

④ 図は溶存酸素(DO)が少ないと、ろ過膜生物の発生が阻害されたり、また、ろ膜中のマンガンや鉄が溶出してろ水にマンガンや鉄が多くなることがある。

⑤ 水道協会衛生常設委員会資料による。

⑥ 水質試験の方法は、上水試験方法(1965)による。

けになった。いずれ別の機会に筆者の見解を改めて述べたいと考えている。何らかの意味で、水資源問題のなかでの水質の意義について理解を得ていただければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) 日本工業用水協会：水資源開発便覧，昭和 44 年 3 月
- 2) 水高度利用委員会：水源の危機と水処理，昭和 44 年 3 月
- 3), 4), 5) 杉木昭典：ヨーロッパ旅行報告記(2), (4), (6), 「水」夏季増刊号，10 月，12 月，昭和 44 年
- 6) 高橋 裕：日本の水資源，東大出版会，1968
- 7) 日本水道協会：水道統計，昭和 42 年度
- 8) 市川 新：都市用水需要の現状と問題点，科学技術庁，資源調査所資料，昭和 43 年 7 月
- 9) 建設省近畿地方建設局：住宅団地の水使用実態調査，昭和 44 年 5 月
- 10) 石橋多聞：上水道学，技報堂，昭和 44 年 4 月
- 11) 首藤和正：都市用水需要の将来予測，土木計画学講習会テキスト 1，土木学会，昭和 43 年 8 月
- 12) 公害審議会水道部会：水道の広域化方策と水道の経営，特に経営方式に関する答申，昭和 41 年 8 月
- 13) 通産省企業局工業用水課：工業用水の需給について，昭和 44 年 10 月
- 14) 通産省：工業開発の構想(試案)，昭和 43 年 12 月
- 15) 建設省河川局：全国水需給の展望について，昭和 43 年 9 月
- 16) 科学技術庁資源調査会：海水淡水化の技術開発に関する報告，報告第 41 号，昭和 42 年 7 月
- 17) 横浜市水道局：海水の淡水化，1968
- 18) 小島貞男：水質汚濁と汚濁水の浄化処理方式，水道協会誌，No. 412，昭和 44 年 1 月
- 19) 建設省近畿地方建設局：淀川—その水質の将来，昭和 40 年 5 月
- 20) 建設省：荒川流域水保全計画に関する報告書，昭和 42 年 3 月
- 21) 長野県衛生部気付諏訪湖浄化対策委員会：諏訪湖浄化に関する研究，昭和 43 年 7 月
- 22) 綾・島津：工業用水原単位に関する研究，工業用水，第 116 号，昭和 43 年 5 月

●土木計測技術の基礎から応用までを初めて体系化！

〈1月刊行〉

# 土木計測便覧

内容見本送呈 京都大学土木会編 A5・788ページ ¥5,000

土木工学研究，土木事業に関係するすべての計測法を網羅し，より科学的な土木解析の質的向上に応えるものです。土木工学における，計測—解析—計画—設計—施工という流れの中で計測をとらえ，体系化した画期的な内容で，基本原理から応用まで，多数のデータと豊富な図表を用いて具体的に詳述しています。

- 主要内容 I. 計 測 の 基 礎 基本量と単位 / 次元解析と相似律 / 計測量の変換 / 計測と誤差 / 実験計画法 / 不規則変動量の解析
- II. 計 測 の 応 用 構造計測 / 水工計測 / 交通計測 / 衛生工学計測
- III. 土質実験および材料試験法 土質実験法 / 材料試験法

測 量 学 一般編 米谷・山田著 新書判 414ページ ¥550  
 応用編 石原・森著 " 518ページ ¥980

土木計画とOR 石原藤次郎校閲 B5・468ページ ¥3,000  
 吉川和広著

テルツァギ ベック 土質力学 新版 基礎編 A5・294ページ ¥1,200  
 応用編 A5・400ページ ¥1,500  
 星埜 / 加藤 / 三木 / 榎並記



丸善

東京・日本橋  
 振替東京5番